

SÉRIE ANUAL DE VAZÕES GERADA PELO MÉTODO DAS VELOCIDADES INDEXADAS PARA O CANAL DE SÃO GONÇALO EM PELOTAS-RS, NO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

Carlos Gabriel Grzegorzczk Dias^{1}; Luciana Shigihara Lima²; Gilberto Loguercio Collares³; Viviane Santos Silva Terra⁴; Reginaldo Galski Bonczynski⁵*

Resumo – A vazão em canais naturais de região estuarina, como é o caso do Canal São Gonçalo na região sul do Rio Grande do Sul, sofre forte influência de diferentes variáveis meteorológicas podendo ocorrer alterações na direção de escoamento. Para a determinação da vazão nesses casos, faz-se necessária a utilização de métodos não convencionais que discretizem as velocidades nas três direções. A medição das velocidades do canal foi feita por um medidor acústico de efeito *Doppler*, que utiliza a velocidade de propagação de ondas mecânicas para determinação das velocidades das partículas em suspensão na água. Um medidor acústico, estático, foi instalado na margem esquerda do canal São Gonçalo, medindo os níveis d'água e as velocidades na seção transversal. Outro medidor móvel foi utilizado para medir as velocidades e a efetuar a batimetria. Com o emprego do Método das Velocidades Indexadas, através de equações geradas por regressão linear e a equação da continuidade, pôde-se gerar uma série de vazões para o canal no período de um ano. As vazões variaram entre $-783.25 \text{ m}^3/\text{s}$ e $2227.981 \text{ m}^3/\text{s}$. O mês de maio obteve maior média, com $1384.91 \text{ m}^3/\text{s}$. A utilização do método se mostrou adequada para o nível de detalhamento alcançado.

Palavras-Chave – VELOCIDADES INDEXADAS, MEDIDORES ACÚSTICOS, VAZÃO.

ANNUAL WATER FLOW SERIES YELDED BY THE INDEX VELOCITY METHOD TO THE SÃO GONÇALO CANAL AT PELOTAS, SOUTH OF RIO GRANDE DO SUL

Abstract – The water flow in natural estuarine canals, like the case of São Gonçalo Canal in the south region of Rio Grande do Sul, is influenced by different meteorological variables causing withdrawal shift direction. To determine the water flowing in that cases, it is necessary the use of non-conventional methods that discretize the tridimensional velocities. The velocity measurement was done with an acoustic meter by Doppler effect that utilizes the wave propagation speed to determine the velocity of suspended particles in water. An acoustic static meter was attached at the left margin of São Gonçalo, measuring the water level and the cross-sectional velocities. Another mobile meter was used to quantify the velocity and bathymetry, Whit the Index Velocity Method, and the equations generated by linear regression and the continuity equation, it is possible to construct the annual discharge series to the canal. The flow varied between $-783.25 \text{ m}^3/\text{s}$ and $2227.981 \text{ m}^3/\text{s}$. May has the biggest average, at the order of $1384.91 \text{ m}^3/\text{s}$. The use of the equations generated by the Index Velocity Method shown adequate to the achieved detail level.

Keywords – INDEX VELOCITY, ACCOUSTIC METER, FLOW.

1 Discente. CDTec - Engenharia Hídrica. Universidade Federal de Pelotas. e-mail: carlosgdias@gmail.com

2 Mestranda. Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. e-mail: lushilima@gmail.com

3 Professor Titular. CDTec – Engenharia Hídrica – UFPel. e-mail: gilbertocollares@gmail.com

4 Professor Assistente. CDTec – Engenharia Hídrica – UFPel. e-mail: vssterra@gmail.com

5 Técnico em Hidrologia – CDTec – Engenharia Hídrica – UFPel. e-mail: rbonczynski@gmail.com

INTRODUÇÃO

O Canal São Gonçalo é um importante curso d'água que conecta a Lagoa Mirim à Laguna dos Patos no sul do Rio Grande do Sul, Brasil. Inserido na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo, a importância deste canal natural se dá pela ampla diversidade ecológica, intensa utilização de suas águas para recreação e fonte de renda para inúmeras famílias que vivem da pesca na região, além de ser um trecho importante da hidrovía Uruguai-Brasil que possibilitará a navegação comercial de grande porte entre a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos e hoje estabelece importância na movimentação de barcas carregadas de grãos e toras de madeira que se deslocam da cidade de Pelotas com outros portos do RS .

Conforme demonstrado por Hartmann e Schettini (1991), podem ocorrer rápidas modificações nas condições do fluxo, visto que o Canal sofre influência das condições meteorológicas locais, tais como velocidade e direção dos ventos e também dos volumes precipitados na bacia hidrográfica, podendo causar inclusive inversão do fluxo predominante das águas. Para que a água salobra da Laguna dos Patos não chegue à Lagoa Mirim, foi construída em 1979 uma barragem-eclusa numa seção transversal do canal, a montante do porto de Pelotas.

Para determinação das vazões em canais com correntes bidirecionais, os erros atribuídos aos métodos de medição de vazão tradicionais são significativos, o que impossibilita a construção de uma curva-chave tradicional, que relaciona nível com a vazão em um determinado ponto de uma seção transversal. A velocidade é parâmetro chave quando se trata de medir vazões e varia tanto na ordem quanto na direção, alterando características de circulação de nutrientes, sais e outras partículas suspensas presentes na água (Kjerve e Proehl, 1979).

Os perfiladores acústicos por efeito doppler (ADCP), são equipamentos dotados de transdutores que emitem ondas em uma determinada frequência que são refletidas pelas partículas que estão em movimento em suspensão na água. A mudança de frequência entre a onda transmitida e a refletida é proporcional à velocidade que a distância entre o transdutor e as partículas aumenta ou diminui (Gamaro, 2012). Sabendo-se o valor da velocidade em um dado ponto e a área da seção, determina-se a vazão através da equação da continuidade.

O Método das Velocidades Indexadas consiste em uma técnica de medição de velocidades em diferentes células do feixe de som emitido. Cada célula possui uma diferente velocidade e esses resultados irão compor a velocidade média encontrada na seção (Gamaro, 2012). Este método funciona bem para o local de estudo, conforme demonstrado por (Lima, 2016). Através de análise de regressão, uma equação é montada, sendo possível ter conhecimento contínuo da vazão local.

Neste trabalho foram utilizados dois perfiladores acústicos, um estático, que registra a velocidade e o nível no canal continuamente, e outro móvel, utilizado em sucessivas campanhas de medição, gerando dados de velocidade e área da seção de controle.

OBJETIVO

Estimar a variação de vazão ao longo no Canal São Gonçalo utilizando-se de equações geradas por regressão linear simples através do Método das Velocidades Indexadas no período compreendido entre dezembro de 2015 e dezembro de 2016.

METODOLOGIA

O presente estudo é fruto de pesquisas no Canal de São Gonçalo, importante canal natural que interliga a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos na região Sul do Rio Grande do Sul. Foram feitas medições de vazão em uma seção transversal do canal, onde está instalado um perfilador estático na lateral esquerda deste, localizado junto ao Campus Anglo da Universidade Federal de Pelotas (FIGURA 1), para medir as velocidades de escoamento do canal bem como o nível de água. Também foi utilizado neste estudo um perfilador acústico móvel, para determinação das áreas das seções bem como as velocidades.

Perfilador estático

O equipamento SL-500 é dotado de 2 transdutores horizontais e um vertical, além de um sensor de pressão que transforma os dados em nível d'água acima dele. Os transdutores enviam pulsos de som a cada 120 segundos e a cada 5 minutos o equipamento calcula um valor médio da velocidade de escoamento para cada célula de distância, determinada pelo operador do equipamento. A velocidade em cada célula se dá através da diferença de tempo do envio e do recebimento do sinal, que é refletido nas partículas suspensas na água. Cada célula possui 10 metros, sendo 110 metros a distância máxima medida. Como o canal possui 230 metros de largura na seção transversal em estudo, os outros 120 metros são extrapolados.

Perfilador móvel

O ADCP-M9 (Acoustic Doppler Current Profiler) da empresa Sontek possui 9 transdutores, sendo 4 com frequência de 3 MHz, 4 com frequência de 1 MHz e 1 com 500 kHz para efetuar a batimetria de fundo. O equipamento vai acoplado em uma prancha guiada por uma embarcação (FIGURA 2).

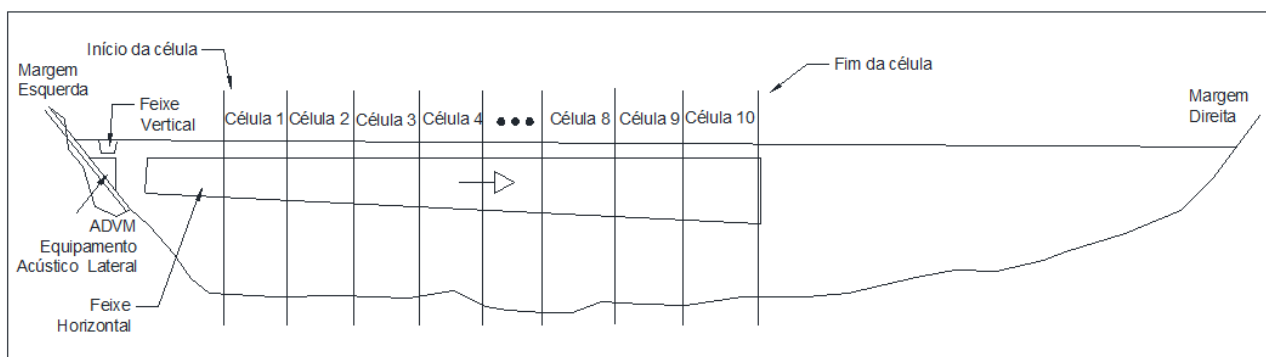


Figura 1 - Esquema de corte transversal do canal São Gonçalo onde foi instalado o equipamento estático. Adaptado de Lima (2016).



Figura 2 - Equipamento móvel (M9) em operação na prancha puxada por uma embarcação.
Fonte: Laboratório de Hidrometria da Universidade Federal de Pelotas

EQUAÇÕES UTILIZADAS NESTE TRABALHO

Conforme Lima (2016), as equações geradas pelo método das velocidades indexadas (Figura 3) podem ser utilizadas para estimar as vazões para o canal São Gonçalo na seção de controle, visto este apresentar correntes bidirecionais. Com a equação gerada pela relação entre cota e área transversal do canal, é possível obter a estimativa de área. Com a equação gerada pela relação entre as velocidades indexadas e as velocidades médias das células, é possível estimar a velocidade média do canal. Utilizando-se da Equação da Continuidade podemos estimar a vazão do canal.

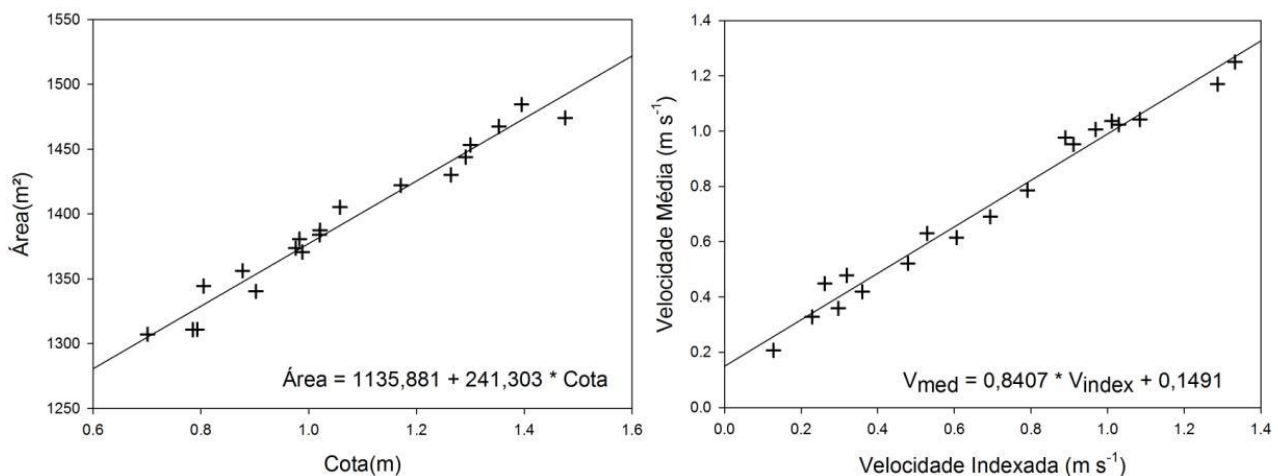


Figura 3 - Análise de correlação entre a cota medida pelo SL-500 e a área medida pelo M9 (gráfico da esquerda) e análise de correlação entre as velocidades indexadas medidas pelo M9 e as velocidades médias horizontais medidas pelo SL-500. Adaptado de Lima (2016).

Tabela 1. Equações geradas pelas regressões. Adaptado de Lima (2016).

Equação	R ²	NS	TM (%)
Área = 1135.881 + 241.303 * Cota	0.967	0.966	0.006
Vmed = 0.8407 * Vindex + 0.1491	0.979	0.979	1.15
NS - Coeficiente de Nash-Sutcliffe; R ² - Coeficiente de Determinação; TM - Tendenciosidade Média.			

RESULTADOS

Para o período entre 11 de dezembro de 2015 e 15 de dezembro de 2016, foram geradas 106.553 estimativas de vazão com dados médios de leituras de velocidade horizontal e cota obtidas pelo equipamento estático a cada 5 minutos. Para resumir o volume de dados gerados, considerando o detalhamento das observações, foram obtidos valores médios, mínimos e máximos para cada mês. A Tabela 2 mostra as vazões médias, mínimas e máximas mensais para o período do estudo.

Tabela 2. Vazões médias, mínimas e máximas de cada mês no período analisado.

Mes/ano	Vazão Média (m ³ /s)	Vazão Mínima (m ³ /s)	Vazão Máxima (m ³ /s)
dez/15	839.81	-227.05	1308.05
jan/16	634.63	-212.42	1239.76
fev/16	369.25	-205.10	803.78
mar/16	256.03	-783.25	1150.29
abr/16	858.46	-328.13	2227.98
mai/16	1384.91	586.19	1858.06
jun/16	940.43	57.21	1548.91
jul/16	947.88	94.03	1373.48
ago/16	848.65	-95.90	1255.65
set/16	1175.73	116.06	1641.65
out/16	761.34	-127.12	1608.91
nov/16	718.13	-111.92	1529.75
dez/16	354.04	-185.54	854.18

Os valores negativos de vazão representam os momentos em que a direção de fluxo era invertida em relação ao fluxo normal do canal, de montante para jusante. Nesses casos, o software utilizado para aquisição dos dados computa as velocidades com valor negativo.

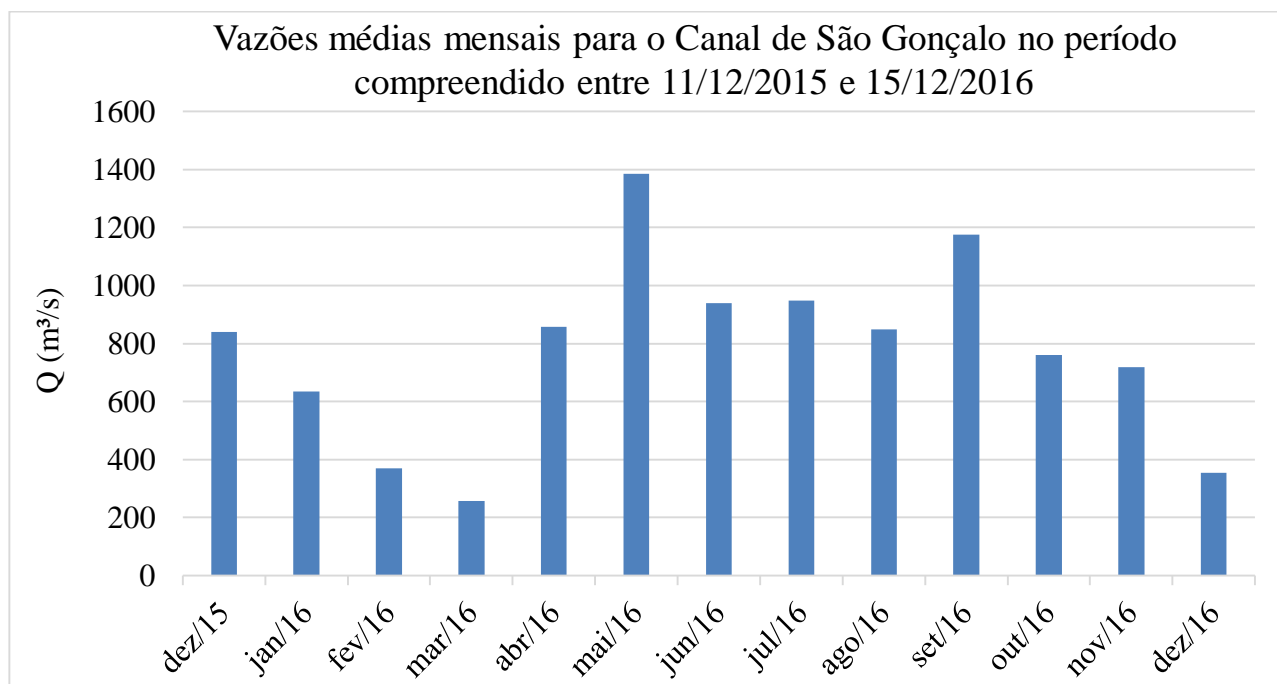


Figura 4 - Gráfico representando as vazões médias do canal para o período.

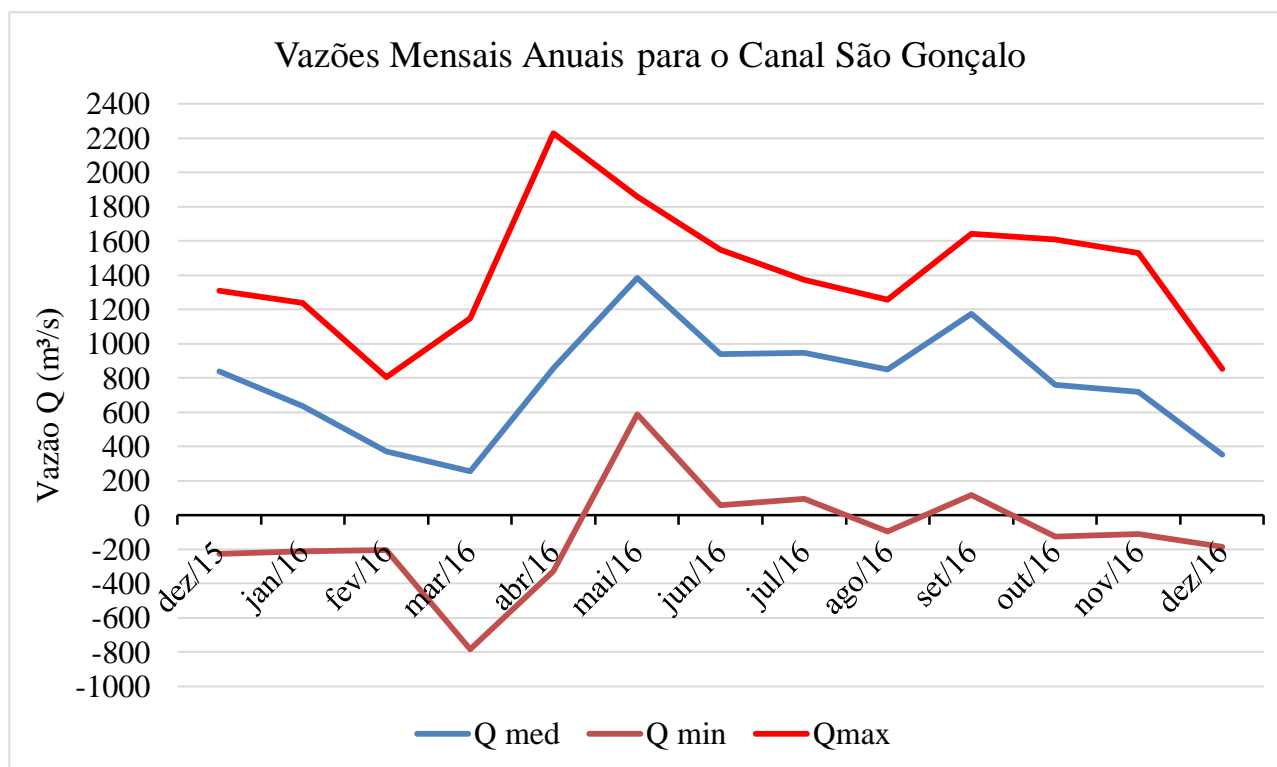


Figura 5 – Vazões médias, mínimas e máximas para o período entre 11 de dezembro de 2015 e 15 de dezembro de 2016 para o Canal São Gonçalo.

CONCLUSÃO

A metodologia utilizada para a geração da série de vazões se mostrou adequada e eficaz para estimar o comportamento do canal no período estudado. Embora o tempo de análise seja considerado pequeno, um ano, pode-se ter ideia do potencial dessa estratégia para a tomada de decisão para diversos objetivos e usos das águas do canal. Sugere-se que sejam verificados o comportamento hidráulico quando observadas as diferenças de níveis desde a eclusa até a foz do canal, além da influência do fechamento e abertura das comportas na vazão e condições do fluxo. Também se deve atentar à influência do vento, visto que este age diretamente sobre o canal, podendo gerar remansos.

REFERÊNCIAS

- HARTMANN, C e SCHETTINI, C. Aspectos hidrológicos na desembocadura da Laguna dos Patos, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, n.4, p. 371-377, 1991.
- KJERVE, B. e PROEHL, J.A. Velocity variability in a cross-section of a well-mixed estuary. *J. Mar. Res.*, 37:409-418, 1979.
- GAMARO, P. E. *Medidores Acústicos Doppler de Vazão*. Itaipu Binacional, 2012.
- LIMA, L. S. Estimativa de vazões para o Canal São Gonçalo, do sistema lagunar Patos-Mirim – RS, através do Método das Velocidades Indexadas. *Trabalho de conclusão de curso*. Universidade Federal de Pelotas, 64 p, 2016.